

# 太阳能热泵换热系统设计及质量测试

郭红伟

(河南建筑职业技术学院设备工程系,河南省郑州市,450064)

**摘要** 热泵是一种能量转换装置,利用空气和水中的热能,通过压缩机的工作提高介质的压力和温度,将低温物体的热量转移到高温物体上。为了进一步提高太阳能热泵换热系统的供暖性能,提出了一种具有铬层选择吸收膜的太阳能热泵供暖系统。研究表明:在7℃下耗电量和产热量分别从2.02kW和3.41kW增加到2.04kW和3.98kW,而消耗的电能和制热量则分别从1.93kW和3.66kW增加到2.04kW和3.95kW,显著提高了产热率。在0℃气温与480W/m<sup>2</sup>功率下,均压单排风机热损失系数为0.118,相比于第一代风机和宽风机机组获得了显著提高,具有更高太阳能效率。该研究有助于提高热泵的机械控制能力,为后续的工艺优化奠定一定的理论基础

**关键词** 驱动热泵;系统设计;性能分析;供暖性能

中图分类号:TK519 文献标识码:B

文章编号:1008-0899(2026)06-0033-03

通过压缩机提高介质压力与温度实现供热,电力驱动热泵系统已广泛应用<sup>[1]</sup>。随着居民生活条件提升,采暖标准不断提高,太阳能采暖系统成为研究热点<sup>[2]</sup>。为保证热泵机组平稳运行,需确保各组件与室外蒸发器形成理想耦合,以实现系统最优整体性能<sup>[3]</sup>。

目前,国内外研究人员已对太阳能热泵系统展开深入分析。工程等<sup>[4]</sup>基于Simscape模型分析了辐照度、压缩机流量对能效比的影响,能效比稳定在3左右,运行效率较高。为控制装置终端的制冷剂膨胀问题,引入辅助风源泵调节机构,并研制出更有效的能量存储材料,进而开展了供暖性能测试分析。

## 1 系统设计

从图1的太阳能热泵供热系统原理可知:冬季,制冷剂生成的高温高压蒸汽经四通换向阀送至室内热交换器放热,再经外部热交换器吸热形成低温低压状态,最后经四通换向阀返回压缩机完成逆卡诺循环。夏季,工质被压缩为高温高压蒸汽,经四通换向阀送至外部换热器散热,再经四通换向阀进

作者简介:郭红伟(1975~),男,河南郑州人,硕士,讲师,研究方向:暖通研究。

入压缩机,完成制冷循环。

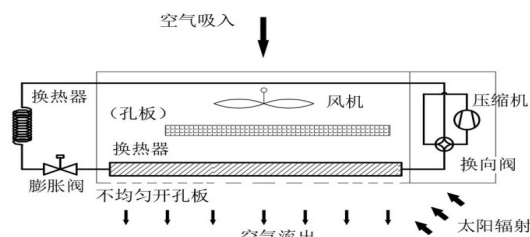


图1 系统结构图

## 2 实验研究

### 2.1 实验设置

表1给出了该装置的主要参数一览表,其中,制冷剂采用R410A。在没有安装太阳能选择性吸收膜的对照组中,配置了两排户外换热器的选择性吸收膜,并将其附于室外热交换器外部。

表1 系统参数表

设备	参数
直流变频压缩机	排气量10.8cm <sup>3</sup> /rev;额定功率835W; 转速12~120rpm
90°安装单排换热器	翅片厚度0.2mm;流道间距2mm;换热管外径9.52mm;换热管间距25mm
膨胀阀	开度15~120%
室内变频风机	额定功率250W;额定风量1000m <sup>3</sup> /h
室外定速风机	额定功率350W;额定风量5000m <sup>3</sup> /h
控制器	总功率18W

### 2.2 太阳能利用效率评估

在开展工程计算时,压缩机功率保持恒定值,

符合下述关系<sup>[6]</sup>:

$$\sum W_1 = \sum W_2 \quad (1)$$

根据以上结果,提出了一种基于COPs的单元传热系数表达式:

$$COP_s = COP_1 - COP_2 \quad (2)$$

为了对利用的太阳能在整个体系中所占的比例进行评估,设置了太阳能利用率(SUC)指标。在上述指标中,SUC>0表示太阳能对整个体系的性能改善起到了明显促进作用。当SUC<0时,表示由于太阳能的作用,该系统性能出现了下降的情况。

$$SUC = \frac{COP_s}{COP} \text{ or } SUC = \frac{EER_s}{EER} \quad (3)$$

### 2.3 性能实验研究

根据现场调研结果,设置了-12℃至8℃的温度范围。控制湿度介于20%~55%之间。再将室内干球温度控制在20℃以下,总辐射强度为0~480W/m<sup>2</sup>。

#### 2.3.1 系统制供暖性能研究

图2给出了小于50W/m<sup>2</sup>太阳辐射条件下的系统功率及其COP曲线。研究表明,随着外界温度的升高,试验机组与对照机组在运转阶段均达到了较高的进气温度,从而使机组进气温度升高。当大气温度升高时,会产生较高的汽化温度,从而使压缩比下降,导致制冷系数的增加。

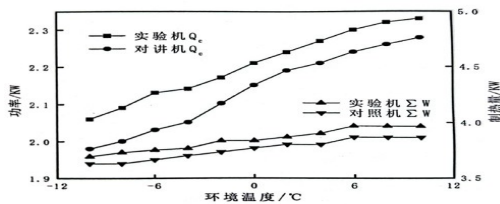


图2 不同环境温度下功率及制热量分布

不同环境温度下系统COP分布见图3。在7℃条件下,测试组耗电量从2.02kW增至2.04kW,产热量从3.41kW增至3.98kW;对照组耗电量从1.93kW增至2.04kW,制热量从3.66kW增至3.95kW。通入暖气时,单排式热交换器较双排式机组翅片效能更高,汽化温度提升,产热率显著提高。

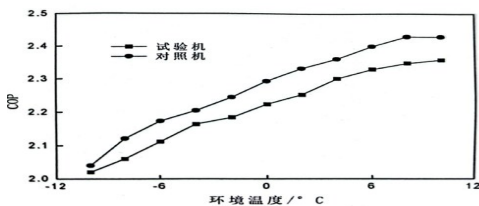


图3 不同环境温度下系统COP分布

### 2.3.2 不同系统对比

根据以上研究结果,本文对在不同热力工况下的太阳能利用状况和系统调控效果进行了比较,表2列出了不同系统对应的试验数据。由表2可知,第一代风机和宽表面风机均属于热水式机组,其COP值高于热空气式,可通过对比这两种方式确定太阳能利用率。在0℃室外气温与480W/m<sup>2</sup>功率条件下,均压单排风机的热损失系数为0.118,相比于第一代风机和宽风机机组显著提高;采用改良蒸发器的宽面鼓风机,其太阳能效率高于第一代风机。

表2 供热系统对比

系统	COP		SUC	
	240W/m <sup>2</sup> 5℃	480W/m <sup>2</sup> 0℃	240W/m <sup>2</sup> 5℃	480W/m <sup>2</sup> 0℃
本系统	2.650	2.615	0.093	0.102
初代机	-	1.552	-	0.066
管翅式	2.435	-	0.084	-

## 4 结论

本文开展太阳能热泵换热系统设计及质量测试,结果表明:在7℃下,测试组耗电量从2.02kW增至2.04kW,产热量从3.41kW增至3.98kW,产热效率显著提高;在0℃、480W/m<sup>2</sup>条件下,均压单排风机热损失系数为0.118,较前代机组太阳能效率明显提升,系统性能得到优化。

### 参考文献

- [1] 刘宇轩,陆婷婷,王鲁平等.国标GB/T25127.1-2020中低环境温度空气源热泵(冷水)机组全年性能系数试验和计算方法解析[J].液压气动与密封,2022,42(11):57-61.
- [2] 孔祥强,闫循正,张鹏,等.直膨式太阳能热泵地板辐射供暖实验平台设计[J].实验室研究与探索,2022,41(03):75-78+105.
- [3] 刘宇轩,许辉,李猛等.二氧化碳(CO<sub>2</sub>)热泵热水器的优势和应用难点及一种融霜问题解决方案[J].液压气动与密封,2022,42(03):79-82.
- [4] 弓程,张自雷.基于Simscape的太阳能热泵供暖系统仿真[J].低温与超导,2024,52(06):73-80.
- [5] 孔祥强,张鹏,徐显,等.R290直膨式太阳能热泵供暖系统实验研究[J].太阳能学报,2023,44(06):323-329.
- [6] 高文学,杨林,王艳,等.太阳能、热泵辅助燃气供热系统实验研究[J].热科学与技术,2022,21(01):76-82.